

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2000-46000

(P2000-46000A)

(43) 公開日 平成12年2月15日 (2000. 2. 15)

(51) Int.Cl.<sup>7</sup>

F 0 4 D 29/58

識別記号

17/12

F I

F 0 4 D 29/58

17/12

テマコード (参考)

P 3 H 0 3 5

Q

審査請求 未請求 請求項の数 7 O L (全 7 頁)

(21) 出願番号

特願平10-208823

(22) 出願日

平成10年7月24日 (1998. 7. 24)

(71) 出願人 000005108

株式会社日立製作所

東京都千代田区神田駿河台四丁目6番地

(72) 発明者 西田 秀夫

茨城県土浦市神立町603番地 株式会社日立製作所土浦工場内

(72) 発明者 三浦 治雄

茨城県土浦市神立町603番地 株式会社日立製作所土浦工場内

(74) 代理人 100061893

弁理士 高橋 明夫 (外1名)

最終頁に続く

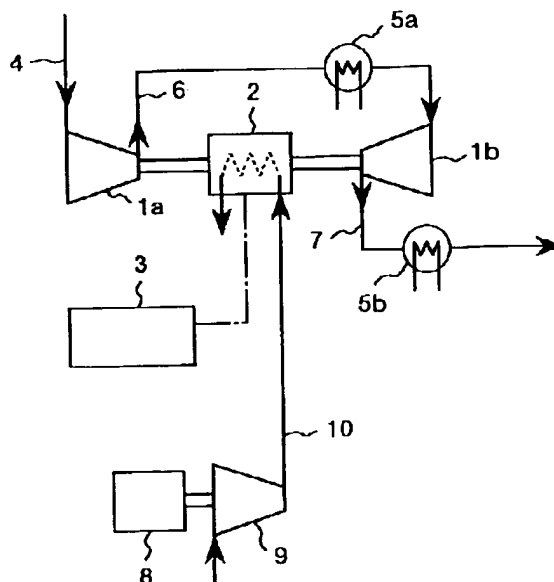
(54) 【発明の名称】 ターボ圧縮機

(57) 【要約】

【課題】 本発明の目的は、高周波電動機で駆動されるターボ圧縮機に関するもので、特に圧縮機システムの効率を低下させないで電動機や磁気軸受を冷却することのできるターボ圧縮機を提供することにある。

【解決手段】 インバータ3で駆動され空気を用いて冷却する高周波電動機2と、その電動機2により駆動される少なくとも2段の遠心圧縮機段を有するターボ圧縮機において、電動機2を冷却する空気を、少なくとも一部は圧縮機以外の外部装置9から導く。

図 1



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 インバータで駆動され空気を用いて冷却する高周波電動機と、その電動機により駆動される少なくとも2段の遠心圧縮機段を有するターボ圧縮機において、

電動機を冷却する空気を、少なくとも一部は圧縮機以外の外部装置から導くことを特徴とするターボ圧縮機。

【請求項2】 インバータで駆動され、磁気軸受により支持された空気を用いて冷却する高周波電動機と、その電動機により駆動される少なくとも2段の遠心圧縮機段を有するターボ圧縮機において、

電動機及び磁気軸受を冷却する空気を、少なくとも一部は圧縮機以外の外部装置から導くことを特徴とするターボ圧縮機。

【請求項3】 外部装置として、電動機駆動の送風機を用いることを特徴とする請求項1もしくは2のいずれかに記載のターボ圧縮機。

【請求項4】 外部装置として、高周波電動機駆動の送風機を用いることを特徴とする請求項1もしくは2のいずれかに記載のターボ圧縮機。

【請求項5】 外部装置として、いずれかの圧縮機下流の空気で駆動される膨脹タービン駆動される送風機を用いることを特徴とする請求項1もしくは2のいずれかに記載のターボ圧縮機。

【請求項6】 外部装置として、いずれかの圧縮機下流の空気で駆動される膨脹タービン駆動される送風機の空気とタービンから排出される空気とを用いることを特徴とする請求項1もしくは2のいずれかに記載のターボ圧縮機。

【請求項7】 外部装置として、いずれかの圧縮機下流の空気で駆動される膨脹タービン駆動される送風機と高周波電動機駆動の送風機とを用いることを特徴とする請求項1もしくは2のいずれかに記載のターボ圧縮機。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明はターボ圧縮機に係り、特に高周波電動機で駆動され高速で回転するターボ圧縮機に関する。

## 【0002】

【従来の技術】一般に、高周波電動機で駆動され高速で回転するターボ圧縮機では、電動機の発熱量が大きいので冷却する必要がある、空気、水等で冷却されている。また、高速で駆動される高周波電動機では軸受部の周速が高いので、通常の油軸受を用いることは困難であり、電磁軸受を用いる場合がある。この電磁軸受は、空気冷却することが知られている。

【0003】従来の高周波電動機で駆動するターボ圧縮機では、中間の空気冷却器や最終段の空気冷却器からでた下流の空気が電動機や磁気軸受の冷却に使用されている。高周波電動機や磁気軸受の冷却空気の圧力は0.1

～0.5 kg/cm<sup>2</sup> g程度でよいが、中間空気冷却器や最終段空気冷却器の圧力は1.5～8 kg/cm<sup>2</sup> gと高い。

【0004】また、低速の電動機で回転子に直接冷却用の羽根を取り付け、その羽根の送風作用により電動機を冷却する方法も採用されている。

【0005】さらに、例えば特開平6-117710号公報に記載されるように、水冷ジャケットを電動機の固定子背面に複数個設け、電動機を水冷却する技術が知られている。

## 【0006】

【発明が解決しようとする課題】発熱体の冷却に必要な空気量は圧力に関係なく一定である。中間空気冷却器や最終段空気冷却器からでた空気を高周波電動機や磁気軸受の冷却に使用するターボ圧縮機では、必要以上に高い圧力の空気を冷却に用いると、圧縮に費やされたエネルギーは無駄に捨てられることになり、ターボ圧縮機の効率は低下する。

【0007】すなわち、高速波電動機ではロータの周速も大きく、発熱量が大きいため冷却空気はかなり大量に必要な。中間の空気冷却器あるいは最終段の空気冷却器からでた空気を用いて高速波電動機を冷却する従来のターボ圧縮機では、冷却用の空気の圧力が高いため、冷却空気の圧縮に必要な動力も大きくなり、このためターボ圧縮機の効率は低くなるという問題があった。

【0008】また、低速の電動機で回転子に直接冷却用の羽根を取り付け、その羽根の送風作用により電動機を冷却するターボ圧縮機では、高周波電動機で駆動する構造では電動機のロータが長くなる。したがって、冷却用の羽根を高周波電動機の回転子に取り付けるとロータはさらに長くなり、ロータの軸系の危険速度は低下して運転が困難になる。このため、冷却用の羽根を高周波電動機の回転子に設けることには問題があった。

【0009】さらに、電動機を水冷却する技術では水が必要であり、設置場所が制限される。

【0010】本発明の目的は、高周波電動機で駆動されるターボ圧縮機に関するもので、特に圧縮機システムの効率を低下させないで電動機や磁気軸受を冷却することのできるターボ圧縮機を提供することにある。

## 【0011】

【課題を解決するための手段】上記目的は、インバータで駆動され空気を用いて冷却する高周波電動機と、その電動機により駆動される少なくとも2段の遠心圧縮機段を有するターボ圧縮機において、電動機を冷却する空気を、少なくとも一部は圧縮機以外の外部装置から導く、ことにより達成される。

【0012】また上記目的は、インバータで駆動され、磁気軸受により支持された空気を用いて冷却する高周波電動機と、その電動機により駆動される少なくとも2段の遠心圧縮機段を有するターボ圧縮機において、電動機

及び磁気軸受を冷却する空気を、少なくとも一部は圧縮機以外の外部装置から導く、ことにより達成される。

#### 【0013】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施例を図面を参照しながら説明する。

【0014】図1は、本発明に係るターボ圧縮機の第1の実施例の系統図を示す。本実施例によるターボ圧縮機は2段の圧縮機から構成され、初段圧縮機1aと2段目圧縮機1bとは電動機2により駆動される。高周波電動機2は回転が高周波インバータ3により制御され、数万回転/毎分(以下、rpm)以上の高速で運転される。初段圧縮機1aの上流には空気(大気)を吸込むための吸込管4が設けられている。初段圧縮機1aと2段目圧縮機1bとは途中に中間空気冷却器5aの介在する配管6で接続されている。2段目圧縮機1bの下流には途中に空気冷却器5bの介在する吐出管7が接続されている。高周波電動機2の他端には、電動機8(駆動源)で駆動されるブロワ9を取り付けた冷却空気取り入れ用の配管10が接続され、高周波電動機2の内部に冷却空気を取り入れる構造になっている。

【0015】図2は、図1で示すターボ圧縮機2の拡大縦断面図である。ケーシング11に取り付けられたラジアル磁気軸受12a、12bにより支持されたロータ13の中央部には、外周に永久磁石を設けた回転子14が取り付けられている。高周波電動機2は、回転子14と、この回転子14に対応する位置のケーシング11に固定されたステータ15とにより構成される。ロータ13の軸端には流体を圧縮するための初段用羽根車16a、2段目用羽根車16bが取り付けられている。また、初段ラジアル磁気軸受12aと回転子14との間には、スラスト磁気軸受17が設けられている。高周波電動機2の回転子14のほぼ中心位置に対応するケーシング11には、冷却空気を導くための冷却空気導入孔18aが設けられている。さらに、ケーシング11にはラジアル磁気軸受12a、12bに冷却空気を導くための冷却空気導入孔18b、18cが設けられている。

【0016】この実施例では、吸込管4から吸込まれた空気は初段圧縮機1aで約2kg/cm<sup>2</sup>gまで昇圧された後、空気冷却器5aで冷却されて2段目圧縮機1b\*

$$ns = NQ^{0.5} / Had^{0.75}$$

N: 回転数      Q: 流量      Had: 断熱効率

ブロワ9の比速度が高くなると効率も高くなるので、所定の圧力に昇圧するのに必要な動力は図1の実施例の場合よりも小さくなり、したがってターボ圧縮機の効率は図1の実施例よりも、さらに向上する。

【0024】図4は、本発明に係る第3の実施例で、高周波電動機2と冷却用ブロワ9の主要部分を示したものである。この実施例では、ブロワ9を駆動する高周波電動機8はターボ圧縮機用のインバータ3で回転数(数万rpm)が制御される。ブロワ9の吐出圧力は、図1の※50

\*に吸込まれる。2段目圧縮機1bでさらに6~9kg/cm<sup>2</sup>gまで昇圧された空気は、空気冷却器5bで冷却された後、配管7を通り、プロセス(図示せず)に送られる。また、電動機8によって駆動されるブロワ9で0.1~0.5kg/cm<sup>2</sup>gに昇圧された空気は、冷却用配管10を通り、冷却空気導入孔18a、18b、18cに入って高周波電動機2やラジアル磁気軸受12a、12b、スラスト磁気軸受17を冷却した後、大気に開放される。

【0017】本実施例では、ブロワ9による冷却空気の圧力は冷却空気を送るのに必要な圧力までしか昇圧されないで、昇圧に必要なエネルギー(消費動力)は小さい。したがって、従来のターボ圧縮機に比べて、ターボ圧縮機の効率が向上する。

【0018】また、高周波電動機の回転子に冷却用の羽根を取り付けて冷却を行う従来のターボ圧縮機に比べて、高周波電動機のロータの軸方向長さを短くできる。このため、ロータの軸系の危険速度は向上し、ロータは安定した回転を行なう。

【0019】なお、本実施例では、冷却空気は高周波電動機を冷却した後、大気に開放されているが、配管によりターボ圧縮機の吸込部に導いてもよい。

【0020】図3は、本発明に係る第2の実施例で、図1の実施例の高周波電動機2及び高周波電動機の冷却用ブロワ9の主要部分を示したものである。

【0021】この実施例では、ブロワ9は高周波インバータ19により回転数が制御される高周波電動機8(数万rpm)で駆動される。図1の実施例の場合と同様、ブロワ9の吐出圧力は0.1~0.5kg/cm<sup>2</sup>gである。ブロワ9で昇圧された圧縮空気は冷却用配管10を通り、冷却空気導入孔18a、18b、18cに入って高周波電動機2やラジアル磁気軸受12a、12b、スラスト磁気軸受17を冷却した後、大気に開放される。

【0022】本実施例では、ブロワ9の回転数は高いため、次式(1)で示される比速度が図1の実施例の場合より高くなる。

【0023】

$$\dots (1)$$

※実施例の場合と同様、0.1~0.5kg/cm<sup>2</sup>gである。ブロワ9で昇圧された圧縮空気は冷却用配管10を通り、冷却空気導入孔18a、18b、18cに入って高周波電動機2及びラジアル磁気軸受12a、12b、スラスト磁気軸受17を冷却した後、大気に開放される。

【0025】本実施例では、ブロワ9の回転数が高いため、比速度は図1の実施例より高く、したがってターボ圧縮機の効率も高くなる。

【0026】その結果、所定の圧力に昇圧するのに必要な

動力は図1の実施例よりも小さくなり、ターボ圧縮機の効率は図1の実施例の場合よりもさらに向上する。

【0027】また、本実施例ではターボ圧縮機駆動用の高周波インバータ3でプロワ9の回転数を制御して駆動するため、新たな高周波インバータが不要となり、図2の実施例の場合に比べてターボ圧縮機のコストを低減できる。

【0028】図5は、本発明に係るターボ圧縮機の第4の実施例の系統図を示す。本実施例によるターボ圧縮機は2段圧縮機であり、初段圧縮機1a、2段目圧縮機1bは高周波電動機2により駆動される。高周波電動機2は高周波インバータ3により回転数が制御され、数万rpm以上の高速で運転される。初段圧縮機1aの上流には、吸込管4が設けられ、初段圧縮機1aと2段目圧縮機1bは途中に中間空気冷却器5aを設けた配管6で接続されている。

【0029】中間空気冷却器5aの下流には、途中に絞り部20、逆止弁21の介在する圧縮空気を取り出すための配管22が設けられ、この配管22はプロワ23を駆動するためのタービン24に連結されている。プロワ23の下流には圧縮空気を高周波電動機2に導くための配管25が設けられている。2段目圧縮機1bの下流には、途中に空気冷却器5b、逆止弁26、測定した圧力に基づいて放風弁27を開閉させる制御装置28(例えば圧力スイッチ)の介在する吐出管7が設けられ、この吐出管7はレシーバタンク29に接続されている。

$$P_{wt} = G_t H_{adt} \eta_t \quad \dots (2)$$

$$P_{wc} = G_c H_{adc} / \eta_c \quad \dots (3)$$

$G_t$  : タービン重量流量  $G_c$  : プロワ重量流量  
 $\eta_t$  : タービン効率  $\eta_c$  : プロワ効率  
 また、 $H_{adt}$ はタービン断熱ヘッド、 $H_{adc}$ はプロワ

$$H_{adt} \propto (1 - (P_{2t}/P_{1t})^E) \quad \dots (4)$$

$$H_{adc} \propto ((P_{2c}/P_{1c})^E - 1) \quad \dots (5)$$

$P_2$  : 出口圧力  $P_1$  : 入口圧力  $E$  : 定数

$P_{2t}/P_{1t}$  : 膨張比

タービン24とプロワ23とは両者が釣り合った状態 ★

$$G_c = G_t (H_{adt}/H_{adc}) (\eta_t \cdot \eta_c) \quad \dots (6)$$

タービン24の断熱ヘッド(膨張比)は大きく、プロワ23の断熱ヘッドは小さいので、少ないタービン流量で、冷却に必要なプロワ23の流量を達成できる。

【0036】したがって、高周波電動機2の冷却に使用する圧縮機の空気流量は、ターボ圧縮機の空気をそのまま冷却に使用する従来のものに比べて格段に小さくなり、ターボ圧縮機の効率が大幅に向上する。

【0037】この実施例では、レシーバタンク29の圧力が所定の範囲にある場合には、通常の負荷運転が行われる。しかしながら、プロセスでの空気の使用量が減りレシーバタンク29の圧力が上限値を越えた場合、負荷運転から無負荷運転に切り替えられる。無負荷運転では放風弁27が開かれ、一部の圧縮空気は放風されるが、☆50

\*【0030】空気冷却器5bと逆止弁26との間の吐出管7には、一端が図示しない手段で吸込管4に接続された放風管30が設けられ、この放風管30には途中に放風弁27が介在し、その下流には流量調節用の絞り部31が設けられている。放風管30には、放風弁27と絞り部31との間で逆止弁32が介在し、一端が前記冷却管22に連結された配管33が接続されている。

【0031】この実施例では、通常の負荷運転時には吸込管4から吸込まれた空気は初段圧縮機1aで昇圧された後、中間空気冷却器5aで冷却されて2段目圧縮機1bに吸込まれる。2段目圧縮機1bでさらに昇圧された圧縮空気は、空気冷却器5bで冷却された後、逆止弁26を通してレシーバタンク29に入り、プロセス(図示せず)に送られる。

【0032】中間空気冷却器5aで冷却された圧縮空気の一部は、配管22、34を経由してタービン24に導かれ、プロワ23を駆動する。このプロワ23で0.1~0.5kg/cm<sup>2</sup>gまで昇圧された空気は、配管25により高周波電動機2に導かれ、高周波電動機2を冷却した後、大気に開放される。

【0033】本実施例では、負荷運転時には、初段圧縮機1aの空気を利用してタービン24を回転させ、このタービン24によりプロワ23を駆動する。タービン24の出力 $P_{wt}$ とプロワ23の消費動力 $P_{wc}$ とは次式(2)(3)で表わせる。

\*【0034】

$$\dots (2)$$

$$\dots (3)$$

※ワ断熱ヘッドであり、次式(4)(5)で定義される。

30 【0035】

$$\dots (4)$$

$$\dots (5)$$

★( $P_{wt} = P_{wc}$ )で運転されるので、プロワ23の流量は次式(6)で表わせる。

☆残りの圧縮空気は放風管30を通り、さらに一部圧縮空気は配管33、34によりタービン24に導かれ、プロワ23を駆動する。このプロワ23で昇圧された圧縮空気は、配管25により高周波電動機2に導かれるので、無負荷運転時にも高周波電動機2を冷却することができる。

【0038】なお、本実施例では、冷却空気は高周波電動機2を冷却した後、大気に開放されているが、配管によりターボ圧縮機の吸込部に導いてもよい。

【0039】また、本実施例では、放風された空気の一部を大気に開放したが、騒音低減のため、この空気をターボ圧縮機の吸込部に導いてもよい。

【0040】図6は、本発明に係るターボ圧縮機の第5

の実施例の系統図を示す。本実施例によるターボ圧縮機は、図5の実施例とほぼ同じであるが、次の点が異なる。

【0041】中間空気冷却器5aの下流には、途中に絞り部20、逆止弁21の介在する空気を取り出すための配管22が設けられ、この配管22はブロワ23を駆動するためのタービン24に接続されている。ブロワ23の下流には、このブロワ23の圧縮空気を高周波電動機2に導くための配管25が接続されている。また、タービン24の下流には、他端が配管25に接続された配管35が設けられている。

【0042】この実施例では、負荷運転時には吸込管4から吸込まれた空気は初段圧縮機1aで昇圧された後、空気冷却器5aで冷却され、2段目圧縮機1bに吸込まれる。2段目圧縮機1bでさらに昇圧された圧縮空気は、空気冷却器5bで冷却された後、逆止弁26を通り、レシーバタンク29に入り、プロセスに送られる。中間空気冷却器5aで冷却された空気の一部は、配管22、34によりタービン24に導かれ、ブロワ23を駆動する。このブロワ23で昇圧された圧縮空気とタービン24から排出された空気とは合流点で合流し、配管25により高周波電動機2に導かれ、電動機2を冷却した後、大気に開放される。

【0043】本実施例では、高周波電動機2の冷却にブロワ23の空気だけでなく、タービン24から排出される空気も使用する。このため、ブロワ23の空気量、したがってタービン24に流すターボ圧縮機の空気量を図5の実施例よりも減らすことができる。

【0044】さらに、タービン24に流入した圧縮空気は、タービン24にエネルギーを与えるため、排出される空気の温度は入口よりも低くなる。したがって、ブロワ23とタービン24とから排出されて混合された空気の温度は、図5の実施例よりも低くなるので、冷却に使用する空気量を低減することができる。したがって、図5の実施例に比べ冷却に使用するターボ圧縮機の流量が減少し、ターボ圧縮機の効率が大幅に向上する。

【0045】なお、無負荷運転では放風弁27が開かれ、一部の圧縮空気は放風されるが、残りの圧縮空気は放風管30を通り、さらに一部圧縮空気は配管33、34によりタービン24に導かれてブロワ23を駆動する。このブロワ23で昇圧された圧縮空気とタービン24から排出される空気とは合流点で合流し、配管35に

より高周波電動機2に導かれ、高周波電動機2を冷却する。したがって、無負荷運転にも負荷運転時と同様、高周波電動機2を冷却することができる。

【0046】

【発明の効果】本発明によれば、高周波電動機で駆動されるターボ圧縮機の電動機あるいは電動機と磁気軸受の冷却に、低圧のブロワの空気を使用するため、従来に比べ冷却空気を圧縮するための動力が減少し、圧縮機システムの動力が向上する。

【0047】また、本発明によれば、高周波電動機で駆動されるターボ圧縮機の電動機あるいは電動機と磁気軸受の冷却に、圧縮機の空気により駆動されるタービンでブロワを回し、そのブロワの空気だけ、あるいはブロワの空気及びタービンから排出される空気を使用するので、従来のターボ圧縮機より少ない圧縮空気量で電動機の冷却が可能になり、ターボ圧縮機の効率が向上する。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明に係るターボ圧縮機の第1の実施例の系統図。

【図2】図1の実施例のターボ圧縮機の縦断面図。

【図3】本発明に係るターボ圧縮機の第2の実施例の電動機及び冷却用ブロワの主要部分図。

【図4】本発明に係るターボ圧縮機の第3の実施例の電動機及び冷却用ブロワの主要部分図。

【図5】本発明に係るターボ圧縮機の第4の実施例の系統図。

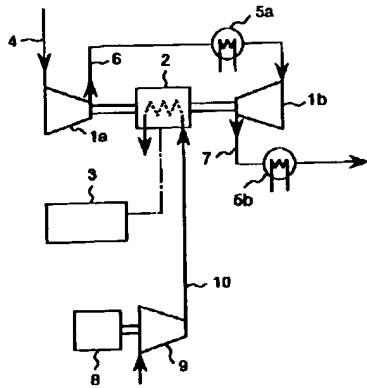
【図6】本発明に係るターボ圧縮機の第5の実施例の系統図。

【符号の説明】

1a…初段圧縮機、1b…2段目圧縮機、2、8…電動機、3、19…高周波インバータ、4…吸込管、5a…中間空気冷却器、5b…空気冷却器、6、10、22、25、33、34、35…配管、7…吐出管、9、23…ブロワ、11…ケーシング、12a、12b…ラジアル磁気軸受、13…ロータ、14…回転子、15…ステータ、16a…初段用羽根車、16b…2段目用羽根車、17…スラスト磁気軸受、18a…冷却空気導入孔、18b、18c…導入孔、20、31…絞り部、21、26、32…逆止弁、24…タービン、27…放風弁、28…制御装置、29…レシーバタンク、30…放風管。

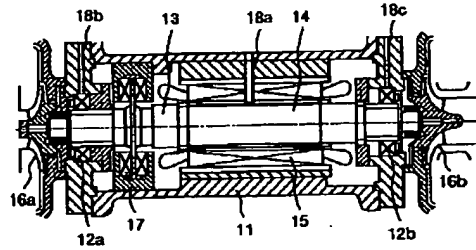
【図1】

図 1



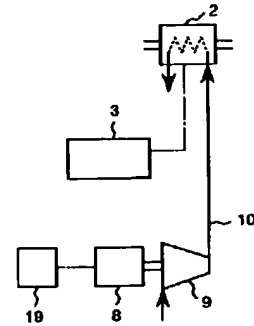
【図2】

図 2



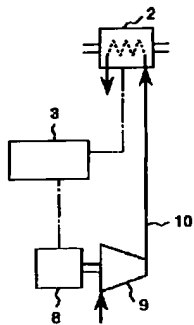
【図3】

図 3



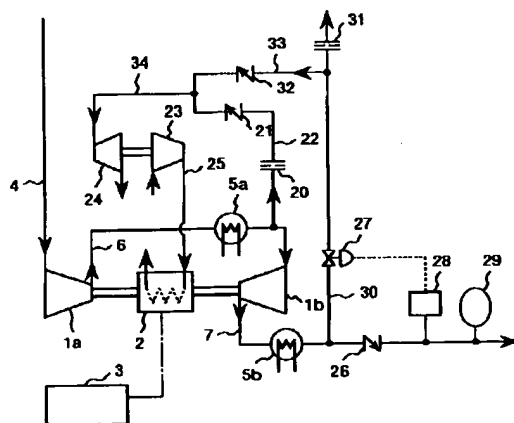
【図4】

図 4



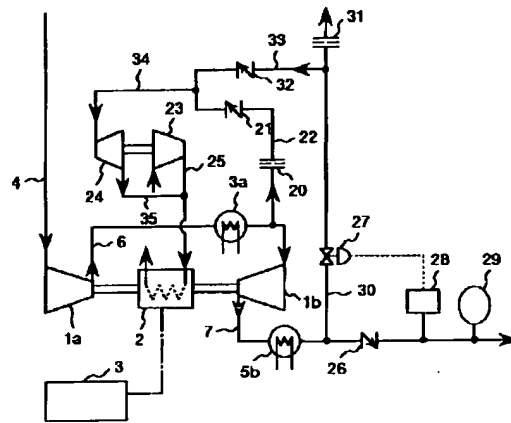
【図5】

図 5



【図6】

図 6



フロントページの続き

(72)発明者 高橋 一樹  
茨城県土浦市神立町603番地 株式会社日  
立製作所土浦工場内

(72)発明者 福島 康雄  
茨城県土浦市神立町603番地 株式会社日  
立製作所土浦工場内

(72)発明者 高橋 直彦  
茨城県土浦市神立町603番地 株式会社日  
立製作所土浦工場内

Fターム(参考) 3H035 AA01 AA06

PAT-NO: JP02000046000A

DOCUMENT-IDENTIFIER: JP 2000046000 A

TITLE: **TURBO** COMPRESSOR

PUBN-DATE: February 15, 2000

INVENTOR-INFORMATION:

| NAME               | COUNTRY |
|--------------------|---------|
| NISHIDA, HIDEO     | N/A     |
| MIURA, HARUO       | N/A     |
| TAKAHASHI, KAZUKI  | N/A     |
| FUKUSHIMA, YASUO   | N/A     |
| TAKAHASHI, NAOHIKO | N/A     |

ASSIGNEE-INFORMATION:

| NAME        | COUNTRY |
|-------------|---------|
| HITACHI LTD | N/A     |

APPL-NO: JP10208823

APPL-DATE: July 24, 1998

INT-CL (IPC): F04D029/58, F04D017/12

ABSTRACT:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To enable cooling of a high frequency electric motor or a magnetic bearing without deteriorating the efficiency of the compressor system, by leading at least a portion of the air for cooling the high frequency electric motor from an external device other than the compressor.

**SOLUTION:** A cool air intake pipe 10 to which a blower 9 driven by an electric motor 8 (driving source) is attached is connected to another end of a high frequency electric motor 2. Then, cooling air pressurized by the blower 9 is sent to the high frequency electric motor 2 a radial magnetic bearing, or a thrust magnetic bearing through the cool air intake pipe 10. The high frequency electric motor 2 and the radial magnetic bearing, and the thrust bearing are cooled by the cool air which has been sent. After cooling, the cool air is released into the atmosphere. Since the blower 9 only boosts the cool air pressure up to a value necessary for sending the cool air, the energy (electric power consumption) required for boosting is small. Consequently, the



**turbo** compressor efficiency is improved.

COPYRIGHT: (C)2000,JPO

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2000-046000

(43)Date of publication of application : 15.02.2000

(51)Int.Cl.

F04D 29/58  
F04D 17/12

(21)Application number : 10-208823

(71)Applicant : HITACHI LTD

(22)Date of filing : 24.07.1998

(72)Inventor : NISHIDA HIDEO

MIURA HARUO

TAKAHASHI KAZUKI

FUKUSHIMA YASUO

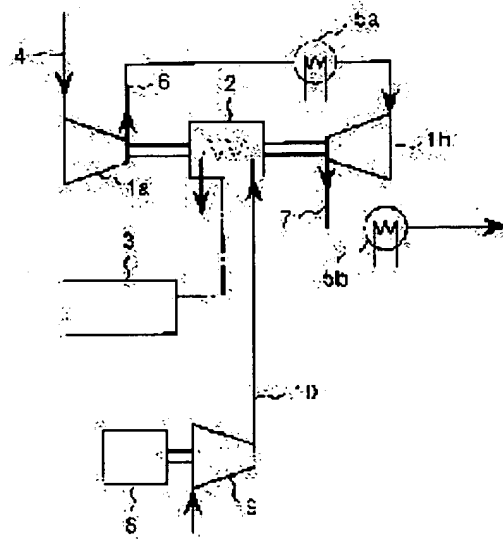
TAKAHASHI NAOHIKO

## (54) TURBO COMPRESSOR

### (57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To enable cooling of a high frequency electric motor or a magnetic bearing without deteriorating the efficiency of the compressor system, by leading at least a portion of the air for cooling the high frequency electric motor from an external device other than the compressor.

**SOLUTION:** A cool air intake pipe 10 to which a blower 9 driven by an electric motor 8 (driving source) is attached is connected to another end of a high frequency electric motor 2. Then, cooling air pressurized by the blower 9 is sent to the high frequency electric motor 2 a radial magnetic bearing, or a thrust magnetic bearing through the cool air intake pipe 10. The high frequency electric motor 2 and the radial magnetic bearing, and the thrust bearing are cooled by the cool air which has been sent. After cooling, the cool air is released into the atmosphere. Since the blower 9 only boosts the cool air pressure up to a value necessary for sending the cool air, the energy (electric power consumption) required for boosting is small. Consequently, the turbo compressor efficiency is improved.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the  
examiner's decision of rejection or application  
converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of  
rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's  
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

**\* NOTICES \***

JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.\*\*\*\* shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

---

**CLAIMS**

---

[Claim(s)]

[Claim 1] It is the turbocompressor characterized by at least a part drawing the air which cools a motor from external devices other than a compressor in the RF motor which drives with an inverter and is cooled using air, and the turbocompressor which has at least two steps of centrifugal-compressor stages driven with the motor.

[Claim 2] It is the turbocompressor characterized by at least a part drawing the air which cools a motor and a magnetic bearing from external devices other than a compressor in the turbocompressor which has at least two steps of centrifugal-compressor stages which drive with an inverter and are driven with the RF motor cooled using the air supported by the magnetic bearing, and its motor.

[Claim 3] Claim 1 characterized by using the blower of a motor drive as an external device, or a turbocompressor given in either of 2.

[Claim 4] Claim 1 characterized by using the blower of a RF motor drive as an external device, or a turbocompressor given in either of 2.

[Claim 5] Claim 1 characterized by using the blower which is driven with the air of one of compressor lower streams of rivers, and by which an expansion turbine drive is carried out as an external device, or a turbocompressor given in either of 2.

[Claim 6] Claim 1 characterized by using the air of the blower which is driven with the air of one of compressor lower streams of rivers, and by which an expansion turbine drive is carried out, and the air discharged from a turbine as an external device, or a turbocompressor given in either of 2.

[Claim 7] Claim 1 characterized by using the blower by which an expansion turbine drive is carried out and the blower of a RF motor drive which are driven with the air of one of compressor lower streams of rivers as an external device, or a turbocompressor given in either of 2.

---

[Translation done.]

**\* NOTICES \***

JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.\*\*\*\* shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

---

**DETAILED DESCRIPTION**

---

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Field of the Invention] This invention relates to the turbocompressor which is applied to a turbocompressor, especially drives with a high-speed wave motor, and rotates at high speed.

[0002]

[Description of the Prior Art] Since the calorific value of a motor is large, it is necessary to cool, and in the turbocompressor which drives with a high frequency motor and generally rotates at high speed, it is cooled with air, water, etc. moreover, the thing for which the usual oil bearing is used in the RF motor driven at high speed since the peripheral speed of bearing is high -- difficult -- electromagnetism -- bearing may be used this electromagnetism -- cooling bearing with air is known.

[0003] In the turbocompressor driven with the conventional high frequency motor, the air of the lower stream of a river which came out of the middle air cooler or the air cooler of the last stage is used for cooling of a motor or a magnetic bearing. Although the pressure of the cooling air of a RF motor or a magnetic bearing is good about [ 0.1-0.5kg/cm<sup>2</sup> ] g, the pressure of a middle air cooler or the last stage air cooler is as high as 1.5-8kg/cm<sup>2</sup>g.

[0004] Moreover, the wing for direct cooling is attached in a rotator with a low-speed motor, and the approach of cooling a motor according to a ventilation operation of the wing is also adopted.

[0005] Furthermore, two or more water cooled jackets are prepared in the stator tooth back of a motor, and the technique which carries out water cooling of the motor is known so that it may be indicated by JP,6-117710,A, for example.

[0006]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] The air content required for cooling of a heating element is fixed regardless of a pressure. In the turbocompressor which uses the air which came out of the middle air cooler or the last stage air cooler for cooling of a high frequency motor or a magnetic bearing, if the air of a pressure high beyond the need is used for cooling, the energy spent on compression will be thrown away vainly and the effectiveness of a turbocompressor will fall.

[0007] That is, the peripheral speed of Rota is also large, and since calorific value is large, cooling air is needed in a high-speed wave motor, quite in large quantities. In the conventional turbocompressor which cools a high-speed wave motor using the air which came out of the middle air cooler or the air cooler of the last stage, since the pressure of the air for cooling was high, power required for compression of cooling air also became large, and, for this reason, the effectiveness of a turbocompressor had the problem of becoming low.

[0008] Moreover, the wing for direct cooling is attached in a rotator with a low-speed motor, and Rota of a motor becomes long with the structure driven with a RF motor in the turbocompressor which cools a motor according to a ventilation operation of the wing. Therefore, if the wing for cooling is attached in the rotator of a RF motor, Rota will become still longer, the critical velocity of the shafting of Rota falls and operation becomes difficult. For this reason, there was a problem in preparing the wing for cooling in the rotator of a RF motor.

[0009] Furthermore, with the technique which carries out water cooling of the motor, water is required and an installation is restricted.

[0010] The purpose of this invention is to offer the turbocompressor which can cool a motor and a magnetic bearing without reducing especially the effectiveness of a compressor system about the turbocompressor driven with a high frequency motor.

[0011]

[Means for Solving the Problem] It is attained by what at least a part draws for the air which cools a motor from

external devices other than a compressor in the RF motor which drives the above-mentioned purpose with an inverter and is cooled using air, and the turbocompressor which has at least two steps of centrifugal-compressor stages driven with the motor.

[0012] Moreover, the above-mentioned purpose is driven with an inverter and it is attained by what at least a part draws for the air which cools a motor and a magnetic bearing from external devices other than a compressor in the RF motor cooled using the air supported by the magnetic bearing, and the turbocompressor which has at least two steps of centrifugal-compressor stages driven with the motor.

[0013]

[Embodiment of the Invention] Hereafter, the example of this invention is explained, referring to a drawing.

[0014] Drawing 1 shows the schematic diagram of the 1st example of the turbocompressor concerning this invention. the turbocompressor by this example -- configuration \*\*\*\* from two steps of compressors, and the first rank -- compressor 1a and 2nd step compressor 1b are driven with a motor 2. Rotation is controlled by the high frequency inverter 3, and the high frequency motor 2 is operated at the high speed tens of thousands rotations / more than per minute (following, rpm). the first rank -- the suction pipe 4 for inhaling air (atmospheric air) is formed in the upstream of compressor 1a. the first rank -- compressor 1a and 2nd step compressor 1b -- on the way -- it connects for the piping 6 between which is resembled and it is placed by inside interspace mind condensator 5a. The discharge tube 7 with which it is placed between the lower streams of rivers of 2nd step compressor 1b by air-cooler 5b on the way is connected. The piping 10 for cooling air introduction which attached the blower 9 driven with a motor 8 (driving source) is connected to the other end of the high frequency motor 2, and it has structure which takes in cooling air inside the high frequency motor 2.

[0015] Drawing 2 is the enlarged vertical longitudinal sectional view of the turbocompressor 2 shown by drawing 1 . The rotator 14 which prepared the permanent magnet in the periphery is attached in the center section of Rota 13 supported by the radial magnetic bearings 12a and 12b attached in casing 11. The RF motor 2 is constituted by a rotator 14 and the stator 15 fixed to the casing 11 of the location corresponding to this rotator 14. the first rank for compressing a fluid into the axis end of Rota 13 -- \*\* impeller 16a and impeller 16b for the 2nd step are attached. moreover, the first rank -- the thrust magnetic bearing 17 is formed between side radial magnetic bearing 12a and a rotator 14. Cooling air installation hole 18a for leading cooling air to the casing 11 corresponding to a center position of the rotator 14 of the RF motor 2 mostly is prepared. Furthermore, the cooling air installation holes 18b and 18c for leading cooling air to the radial magnetic bearings 12a and 12b are formed in casing 11.

[0016] the air inhaled from the suction pipe 4 in this example -- the first rank -- after a pressure up is carried out to about 2kg/cm<sup>2</sup>g by compressor 1a, it is cooled by air-cooler 5a, and 2nd step compressor 1b absorbs. After being cooled by air-cooler 5b, the air by which the pressure up was carried out to further 6-9kg/cm<sup>2</sup>g by 2nd step compressor 1b passes along piping 7, and is sent to a process (not shown). Moreover, the air by which the pressure up was carried out to 0.1-0.5kg/cm<sup>2</sup>g by the blower 9 driven with a motor 8 passes along the piping 10 for cooling, and after it goes into the cooling air installation holes 18a, 18b, and 18c and cools the high frequency motor 2, the radial magnetic bearings 12a and 12b, and the thrust magnetic bearing 17, it is wide opened by atmospheric air.

[0017] In this example, since the pressure up of the pressure of the cooling air by the blower 9 is carried out only to a pressure required to send cooling air, energy (consumption power) required for a pressure up is small. Therefore, the effectiveness of a turbocompressor improves compared with the conventional turbocompressor.

[0018] Moreover, compared with the conventional turbocompressor which cools by attaching the wing for cooling in the rotator of a high frequency motor, the shaft-orientations die length of Rota of a high frequency motor can be shortened. For this reason, the critical velocity of the shafting of Rota improves and Rota performs stable rotation.

[0019] In addition, although cooling air is wide opened by atmospheric air in this example after it cools a high frequency motor, you may lead to the intake section of a turbocompressor by piping.

[0020] Drawing 3 is the 2nd example concerning this invention, and shows a part for the principal part of the blower 9 for cooling of the high frequency motor 2 of the example of drawing 1  $R > 1$ , and a high frequency motor.

[0021] In this example, a blower 9 is driven with the high frequency motor 8 (tens of thousands rpm) with which a rotational frequency is controlled by the high frequency inverter 19. The discharge pressure of a blower 9 is 0.1-0.5kg/cm<sup>2</sup>g like the case of the example of drawing 1 . The compressed air by which the pressure up was carried out by PUOWA 9 passes along the piping 10 for cooling, and after it goes into the cooling air installation holes 18a, 18b, and 18c and cools the high frequency motor 2, the radial magnetic bearings 12a and 12b, and the thrust magnetic bearing 17, it is wide opened by atmospheric air.

[0022] In this example, since the rotational frequency of a blower 9 is high, it becomes higher than the case where the specific rate shown by the degree type (1) is the example of drawing 1 .

[0023]

$ns=NQ0.5/Had0.75 \text{ -- (1)}$

N: Rotational frequency Q: Flow rate Had: Since effectiveness will also become high if the specific rate of adiabatic-efficiency PUOWA 9 becomes high, power required to carry out a pressure up to a predetermined pressure becomes smaller than the case of the example of drawing 1, therefore the effectiveness of a turbocompressor improves further rather than the example of drawing 1  $R > 1$ .

[0024] Drawing 4 is the 3rd example concerning this invention, and shows a part for the principal part of the high frequency motor 2 and the blower 9 for cooling. A rotational frequency (tens of thousands rpm) is controlled by this example with the inverter 3 for turbocompressors in the high frequency motor 8 which drives a blower 9. The discharge pressure of a blower 9 is 0.1-0.5kg/cm<sup>2</sup>g like the case of the example of drawing 1. The compressed air by which the pressure up was carried out by PUOWA 9 passes along the piping 10 for cooling, and after it goes into the cooling air installation holes 18a, 18b, and 18c and cools the high frequency motor 2 and the radial magnetic bearings 12a and 12b, and the thrust magnetic bearing 17, it is wide opened by atmospheric air.

[0025] In this example, since the engine speed of a blower 9 is high, a specific rate is higher than the example of drawing 1, therefore the effectiveness of a turbocompressor also becomes high.

[0026] Consequently, power required to carry out a pressure up to a predetermined pressure becomes smaller than the example of drawing 1, and the effectiveness of a turbocompressor improves further rather than the case of the example of drawing 1.

[0027] Moreover, in this example, since the engine speed of PUOWA 9 is controlled and driven with the high frequency inverter 3 for a turbocompressor drive, a new high frequency inverter becomes unnecessary and the cost of a turbocompressor can be reduced compared with the case of the example of drawing 2.

[0028] Drawing 5 shows the schematic diagram of the 4th example of the turbocompressor concerning this invention. the turbocompressor by this example -- a two-step compressor -- it is -- the first rank -- compressor 1a and 2nd step compressor 1b are driven with the RF motor 2. A rotational frequency is controlled by the high frequency inverter 3, and the high frequency motor 2 is operated at the high speed of tens of thousands of or more rpm. the first rank -- a suction pipe 4 prepares in the upstream of compressor 1a -- having -- the first rank -- compressor 1a and 2nd step compressor 1b -- on the way -- it connects for the piping 6 which was alike and prepared inside interspace mind condensor 5a.

[0029] The piping 22 for taking out the compressed air between which it is placed by a converging section 20 and the check valve 21 on the way is formed in the lower stream of a river of middle air-cooler 5a, and this piping 22 is connected with the turbine 24 for driving a blower 23. The piping 25 for leading the compressed air to the RF motor 2 is formed in the lower stream of a river of a blower 23. Air-cooler 5b, a check valve 26, and the discharge tube 7 with which the control device 28 (for example, pressure switch) which makes a blow-off valve 27 open and close based on the measured pressure intervenes are formed in the lower stream of a river of 2nd step compressor 1b on the way, and this discharge tube 7 is connected to the receiver tank 29.

[0030] The blow off pipe 30 connected to the suction pipe 4 with the means which an end does not illustrate is formed in the discharge tube 7 between air-cooler 5b and a check valve 26, it is placed between these blow off pipes 30 by the blow-off valve 27 on the way, and the converging section 31 for flow regulation is formed in that lower stream of a river. It is placed between blow off pipes 30 by the check valve 32 between a blow-off valve 27 and a converging section 31, and the piping 33 for which the end was connected with said cooling pipe 22 is connected to them.

[0031] the air inhaled from the suction pipe 4 in this example at the time of the usual load operation -- the first rank -- after a pressure up is carried out by compressor 1a, it is cooled by middle air-cooler 5a, and 2nd step compressor 1b absorbs. After being cooled by air-cooler 5b, the compressed air by which the pressure up was further carried out by 2nd step compressor 1b goes into the receiver tank 29 through a check valve 26, and is sent to a process (not shown).

[0032] A part of compressed air cooled by middle air-cooler 5a is led to a turbine 24 via piping 22 and 34, and it drives a blower 23. After the air by which the pressure up was carried out to 0.1-0.5kg/cm<sup>2</sup>g by this blower 23 is led to the RF motor 2 by piping 25 and cools the RF motor 2, it is wide opened by atmospheric air.

[0033] this example -- the time of load operation -- the first rank -- a turbine 24 is rotated using the air of compressor 1a, and a blower 23 is driven in this turbine 24. The output Pwt of a turbine 24 and the consumption power Pwc of a blower 23 can be expressed with a degree type (2) and (3).

[0034]

$Pwt=GtHadtetat \text{ -- (2)}$

$Pwc=GcHadc/etac \text{ -- (3)}$

Gt: Turbine mass flow Gc:blower mass-flow etat: Turbine efficiency etac: Blower effectiveness and Hadt are blower

adiabatic heads, and a turbine adiabatic head and  $H_{adc}$  are defined by a degree type (4) and (5).

[0035]

$H_{adt}^{**} (1-(P_2/P_1) E) \text{ -- (4)}$

$H_{adc}^{**} (P_2/P_1) (E-1) \text{ -- (5)}$

$P_2$ : Outlet pressure  $P_1$ : Inlet pressure  $E$ : constant  $P_2/P_1$ : Since it is operated after both have balanced ( $P_{wt}=P_{wc}$ ), the expansion ratio turbine 24 and a blower 23 can express the flow rate of a blower 23 with a degree type (6).

$G_c=G_t (H_{adt}/H_{adc}) (e_{at}-e_{ac}) \text{ -- (6)}$

Since the adiabatic head (expansion ratio) of a turbine 24 is large and the adiabatic head of PUROWA 23 is small, it is a small turbine flow rate and the flow rate of PUROWA 23 required for cooling can be attained.

[0036] therefore, the air flow rate of the compressor used for cooling of the high frequency motor 2 boils the air of a turbocompressor markedly compared with the conventional thing used for cooling as it is, and becomes small, and its effectiveness of a turbocompressor improves sharply.

[0037] In this example, when the pressure of the receiver tank 29 is in the predetermined range, the usual load operation is performed. However, when the amount of the air used in a process becomes less and the pressure of the receiver tank 29 exceeds a upper limit, it changes from load operation to no-load running. Although a blow-off valve 27 is opened and blow-off of a part of compressed airs is carried out in no-load running, the remaining compressed air passes along a blow off pipe 30, and further, in part, the compressed air is led to a turbine 24 by piping 33 and 34, and drives a blower 23. Since the compressed air by which the pressure up was carried out by this blower 23 is led to the RF motor 2 by piping 25, it can cool the RF motor 2 also at the time of no-load running.

[0038] In addition, although cooling air is wide opened by atmospheric air in this example after it cools the high frequency motor 2, you may lead to the intake section of a turbocompressor by piping.

[0039] Moreover, although a part of air by which blow-off was carried out was wide opened to atmospheric air in this example, this air may be led to the intake section of a turbocompressor for a noise reduction.

[0040] Drawing 6 shows the schematic diagram of the 5th example of the turbocompressor concerning this invention. Although the turbocompressor by this example is almost the same as the example of drawing 5, the following points differ.

[0041] The piping 22 for taking out the air between which it is placed by a converging section 20 and the check valve 21 on the way is formed in the lower stream of a river of middle air-cooler 5a, and this piping 22 is connected to the turbine 24 for driving a blower 23. The piping 25 for leading the compressed air of this blower 23 to the RF motor 2 is connected to the lower stream of a river of a blower 23. Moreover, the piping 35 for which the other end was connected to piping 25 is formed in the lower stream of a river of a turbine 24.

[0042] the air inhaled from the suction pipe 4 in this example at the time of load operation -- the first rank -- after a pressure up is carried out by compressor 1a, it is cooled by air-cooler 5a, and 2nd step compressor 1b absorbs. After being cooled by air-cooler 5b, the compressed air by which the pressure up was further carried out by 2nd step compressor 1b passes along a check valve 26, goes into the receiver tank 29, and is sent to a process. A part of air cooled by middle air-cooler 5a is led to a turbine 24 by piping 22 and 34, and it drives a blower 23. After the compressed air by which the pressure up was carried out by this blower 23, and the air discharged from the turbine 24 join in a juncture, is led to the RF motor 2 by piping 25 and cools a motor 2, it is wide opened by atmospheric air.

[0043] In this example, not only the air of a blower 23 but the air discharged from a turbine 24 is used for cooling of the high frequency motor 2. For this reason, the air content of a blower 23, therefore the air content of the turbocompressor poured to a turbine 24 can be reduced rather than the example of drawing 5  $R > 5$ .

[0044] Furthermore, in order that the compressed air which flowed into the turbine 24 may give energy to a turbine 24, the temperature of the air discharged becomes lower than an inlet port. Therefore, since the temperature of the air discharged and mixed from the blower 23 and the turbine 24 becomes lower than the example of drawing 5, the air content used for cooling can be reduced. Therefore, the flow rate of the turbocompressor used for cooling compared with the example of drawing 5 decreases, and the effectiveness of a turbocompressor improves sharply.

[0045] In addition, although a blow-off valve 27 is opened and blow-off of a part of compressed airs is carried out in no-load running, the remaining compressed air passes along a blow off pipe 30, and further, the compressed air is led to a turbine 24 by piping 33 and 34, and drives a blower 23 in part. The compressed air by which the pressure up was carried out by this blower 23, and the air discharged from a turbine 24 join in a juncture, is led to the RF motor 2 by piping 35, and cools the RF motor 2. Therefore, the RF motor 2 can be cooled to no-load running as well as the time of load operation.

[0046]

[Effect of the Invention] According to this invention, the power for compressing cooling air into it compared with the



former, in order to use the air of a low-pressure blower for cooling of the motor of a turbocompressor or motor driven with a high frequency motor, and a magnetic bearing decreases, and the power of a compressor system improves. [0047] Moreover, since the air which turns a blower to cooling of the motor of a turbocompressor or motor driven with a high frequency motor, and a magnetic bearing in the turbine driven with the air of a compressor, and is discharged from the air and the turbine of the air of the blower or a blower is used according to this invention, cooling of a motor is attained in the amount of compressed air smaller than the conventional turbocompressor, and the effectiveness of a turbocompressor improves.

---

[Translation done.]